

# ỨNG DỤNG KỸ THUẬT NGƯỢC ĐỂ THIẾT KẾ KHUÔN ÉP NGÓI ĐẤT SÉT

Ngô Thanh Long<sup>a</sup>, Nguyễn Quốc Dũng<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup>Khoa Cơ khí, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội,  
55 đường Giải Phóng, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam

Nhận ngày 08/11/2021, Sửa xong 25/11/2021, Chấp nhận đăng 01/12/2021

## Tóm tắt

Ngày nay trên thị trường hàng hoá cạnh tranh, việc thay đổi mẫu mã luôn đòi hỏi phải rút ngắn quá trình thiết kế và chế tạo sản phẩm, nhưng quá trình thiết kế và chế tạo khuôn là khâu chiếm nhiều thời gian. Phương pháp chế tạo khuôn thông thường (theo phương pháp thuận-Forward Engineering) hiện nay đang tồn tại một số hạn chế như mất nhiều thời gian, độ chính xác không cao, đặc biệt trong trường hợp thiết kế và chế tạo khuôn từ các mẫu có sẵn. Để khắc phục các hạn chế này, một trong những phương pháp hiện đại và có hiệu quả kinh tế - kỹ thuật đang được áp dụng là sử dụng kỹ thuật ngược (Reverse Engineering – RE) trong thiết kế, sản xuất khuôn. Trong bài báo này, nhóm tác giả ứng dụng kỹ thuật ngược kết hợp với các phần mềm CAD 3D để thiết kế khuôn ép ngói đất sét với thời gian ngắn và độ chính xác cao. Kết quả của nghiên cứu được sử dụng cho các quá trình tiếp theo của sản xuất, như gia công CNC, in 3D hoặc tái tạo dữ liệu CAD cho các sản phẩm có hình dạng phức tạp.

*Từ khoá:* kỹ thuật ngược; phần mềm CAD 3D; ngói đất sét; gia công CNC; in 3D.

## APPLICATION OF REVERSE ENGINEERING TO DESIGN CLAY ROOF TILE MOLD

### Abstract

Nowadays, in the competitive commodity market, changing designs always requires shortening of the process of designing and manufacturing products, but the process of designing and manufacturing molds takes much time. The normal methods for designing and manufacturing molds (Forward Engineering) have some disadvantages that are long time and inaccuracy, especially for designing and manufacturing molds from used products. To reduce these disadvantages, one of the most modern and economically effective methods being applied is using reverse engineering (RE) in designing and manufacturing molds. In this paper, the authors apply reverse engineering in conjunction with 3D CAD software to design clay roof tile molds with short time and high accuracy. The results of the study are used for subsequent processes of manufacturing, such as CNC machining, 3D printing, or rebuilding CAD data for products with complex shapes.

*Keywords:* reverse engineering; 3D CAD software; clay roof tile; CNC machining; 3D printing.

[https://doi.org/10.31814/stce.huice\(nuce\)2022-16\(1V\)-09](https://doi.org/10.31814/stce.huice(nuce)2022-16(1V)-09) © 2022 Trường Đại học Xây dựng Hà Nội (ĐHXDHN)

## 1. Giới thiệu

Ngày nay trên thị trường hàng hoá cạnh tranh, việc thay đổi mẫu mã luôn đòi hỏi phải rút ngắn quá trình thiết kế và chế tạo sản phẩm. Các nhà sản xuất luôn tìm tòi phát triển các công nghệ, thiết bị mới để phục vụ quá trình sản xuất sản phẩm nhằm rút ngắn thời gian sản xuất cũng như nâng cao độ chính xác, cải tiến phát triển mẫu mã đáp ứng nhu cầu ngày càng khắt khe của người tiêu dùng.

\*Tác giả đại diện. Địa chỉ e-mail: [dungnq@huice.edu.vn](mailto:dungnq@huice.edu.vn) (Dũng, N. Q.)

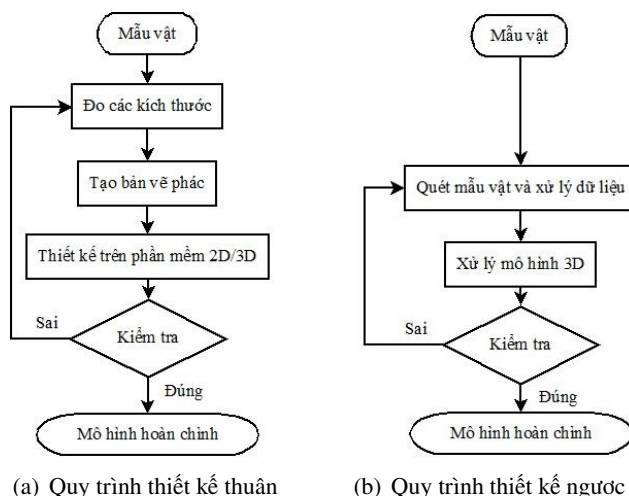
Quá trình phát triển sản phẩm có hai trường hợp. Trường hợp thứ nhất, phát triển các sản phẩm mới thường gồm các bước sau: (1) Người thiết kế hoặc khách hàng đưa ra ý tưởng về sản phẩm; phác thảo ra sản phẩm; (2) Tính toán - thiết kế mẫu theo các phương pháp truyền thống, trên các phần mềm CAD (Computer Aided Design) và CAE (Computer Aided Engineering) hoặc kết hợp cả hai phương pháp; (3) Chế tạo mẫu trên các máy truyền thống, máy CNC (Computer Numerical Control) kết hợp với phần mềm CAM (Computer Aided Manufacturing) hoặc in 3D; (4) Thử nghiệm; (5) Kiểm tra, phân tích và đưa ra phương pháp tối ưu; (6) Hoàn thiện thiết kế; (7) Sản xuất ra sản phẩm. Trường hợp thứ hai là phát triển các sản phẩm đã có sẵn bằng cách lập bản vẽ mẫu từ các sản phẩm đã có, sau đó là sản xuất.

Trong các công đoạn thì thiết kế mẫu và chế tạo mẫu có vai trò quan trọng, quyết định đến độ chính xác của sản phẩm chế tạo. Đối với các sản phẩm mới, việc thiết kế mẫu giúp đánh giá kiểu dáng thực tế và một số chức năng của sản phẩm. Tuy nhiên trường hợp tạo các bản vẽ thiết kế từ các mẫu có sẵn thường rất khó khăn để đảm bảo độ chính xác của bản vẽ với kích thước thực của mẫu. Việc thiết kế mẫu theo phương pháp thông thường trải qua các công đoạn (Hình 1(a)): (1) Đo các kích thước của mẫu bằng một số dụng cụ truyền thống như thước, panme, ..., (2) tạo bản vẽ phác, (3) dựng các bản vẽ trên phần mềm CAD 2D/3D, (4) kiểm tra, hiệu chỉnh. Đã nhiều nghiên cứu sử dụng phương pháp này để gia công sản phẩm như chế tạo khuôn đúc vỏ điện thoại [1], in 3D bánh răng côn xoắn [2], khuôn dập ép ngói màu [3]. Quá trình này có hai hạn chế, đặc biệt đối với các chi tiết có kết cấu phức tạp hoặc các bề mặt tự do [1–3]. Hạn chế thứ nhất là cần rất nhiều thời gian vì phải đo nhiều kích thước nhỏ và khó đo. Hạn chế thứ hai là dễ dẫn đến các sai số, trong một số trường hợp kích thước không thể đo trực tiếp được. Để giải quyết các vấn đề trên, nhiều kỹ thuật, máy móc mới, hiện đại đã được sử dụng, trong đó kỹ thuật ngược đã được áp dụng và cho hiệu quả cao. Kỹ thuật này đã được áp dụng cho nhiều sản phẩm như xe máy, ô tô, thiết bị, đồ gia dụng.

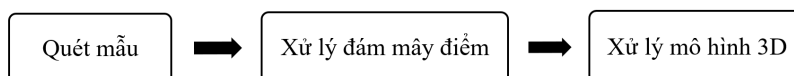
## 2. Kỹ thuật thiết kế ngược

Kỹ thuật ngược hay thiết kế ngược là việc tạo các bản vẽ sản phẩm từ mẫu có sẵn nhờ sự hỗ trợ của máy quét 3D (máy scan 3D). Đây là quy trình thiết kế lại mẫu (thiết kế ngược mẫu mới từ mẫu có sẵn) - mô hình vật lý có sẵn (ví dụ mẫu cơ khí có sẵn) thông qua số hóa bề mặt mẫu bằng thiết bị máy quét 3D (scan 3D) để thu tọa độ điểm quét dưới dạng dữ liệu số, từ đó xây dựng mô hình thiết kế CAD trên các phần mềm 3D (Hình 1(b)). Kỹ thuật thiết kế ngược đang được sử dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực như chế tạo máy, thiết kế công nghiệp, xây dựng, kiến trúc, Y sinh, ... [4, 5].

Kỹ thuật thiết kế ngược được sử dụng: Dựng mô hình của các mẫu (ví dụ mẫu ô tô); Dựng mô hình 3D từ các chi tiết thực (con người, nhà cửa, ...); Tái tạo các chi tiết bị mòn hoặc hỏng bằng cách quét chi tiết, từ đó đưa ra phương án khôi phục trên các phần mềm 3D; Tạo dữ liệu để chế tạo hoặc cải tiến chi tiết không có dữ liệu CAD, hoặc dữ liệu CAD bị mất; Kiểm tra, so sánh, quản lý chất lượng sản phẩm đã chế tạo với mô hình thiết kế; Tạo bằng chứng và xây dựng hiện trường phạm tội; Tạo dữ liệu cho bản vẽ hoàn công trong xây dựng; Theo dõi sự thay đổi, phát triển của các thực thể bằng cách quét thực thể ở nhiều thời điểm để tạo dữ liệu so sánh, phân tích. Khi sử dụng kỹ thuật ngược cần chú ý: (1) Mẫu cần được làm sạch, đối với phương pháp quét không tiếp xúc, các bề mặt phản xạ ánh sáng cần được xử lý (đối với các máy scan 3D sử dụng tia laser thể hệ mới chỉ cần xử lý đối với những bề mặt gương hoặc kính); (2) Trong trường hợp cần độ chính xác mô hình lưới quét cao thì sử dụng máy scan 3D đạt tiêu chuẩn ISO 17025, ISO 9001 để loại bỏ các tác động môi trường rung động; (3) Cần phải xem công nghệ quét của thiết bị scan để có chiến lược quét phù hợp như chuẩn bị bề mặt vật quét, điều kiện ánh sáng môi trường, định vị mẫu (đặc biệt đối với các mẫu có kích thước lớn), số lần quét, ...



Hình 1. Quy trình thiết kế thuận và thiết kế ngược



Hình 2. Quy trình thiết kế ngược tạo mô hình 3D sản phẩm

Hình 2 là sơ đồ mô tả quá trình thiết kế ngược để tạo mô hình 3D một sản phẩm được tiến hành qua ba bước [6]:

#### Bước 1: Quét mẫu

Đây là quá trình tạo dữ liệu hình dạng vật lý của mẫu bằng các sử dụng các thiết bị quét 3D. Có hai phương pháp quét: Đo tọa độ điểm tiếp xúc (thông qua máy CMM - Coordinates Measuring Machine, cánh tay máy, ...) và đo không tiếp xúc (thông qua các máy scan laser, máy chụp hình, ...). Dữ liệu của scan 3D thu được có định dạng file dạng OBJ, STL, mesh, point cloud, ... Dữ liệu này mang tính chất tham chiếu phục vụ cho các công đoạn tiếp theo: phân tích, kiểm tra kiểu dáng, đo đạc, kiểm tra dung sai, và thiết kế ngược ra file 3D CAD phục vụ gia công. Phần mềm scan 3D có tính năng tự động nhận diện nhiều điểm để loại bỏ khi thực hiện quét.

#### Bước 2: Xử lý điểm

Mẫu vật thường được quét nhiều lần ở các vị trí khác nhau để đảm bảo quét hết toàn bộ đối tượng trên mẫu. Mỗi lần quét sẽ cho một dữ liệu đám mây điểm. Sau khi quét xong, cần ghép các bộ dữ liệu đã quét thành một bộ dữ liệu hoàn chỉnh của mẫu. Đồng thời, loại bỏ bớt các đối tượng gây nhiễu như nền của bàn quét, các chuẩn quét trên mẫu, ... Vì thế chuẩn mỗi lần quét rất quan trọng. Kế hoạch quét nhiều lượt có tác động trực tiếp đến giai đoạn xử lý đám mây điểm. Lập chuẩn quét thích hợp sẽ giảm bớt các công đoạn trong việc xử lý điểm và tránh sai sót từ việc ghép dữ liệu từ các lần quét. Đầu ra của giai đoạn xử lý điểm là một bộ dữ liệu đám mây điểm đã được “nối” từ các lần quét và không có lỗi. Hiện tại có nhiều phần mềm chuyên nghiệp dùng cho xử lý điểm, thường được bán theo thiết bị quét.

### Bước 3: Xử lý mô hình 3D

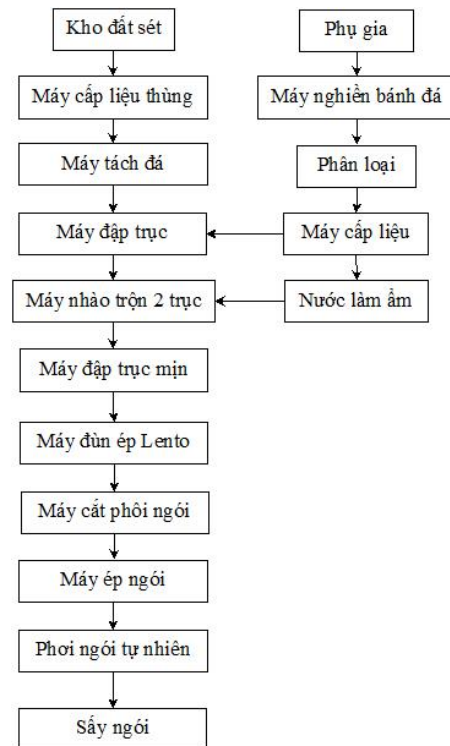
Dữ liệu đám mây điểm của scan 3D sẽ được đưa vào các phần mềm chuyên dụng như Geomagic, Rapid Form, Catia, NX, ... để xử lý. Bề mặt của mô hình 3D sau khi scan thường bị mập mờ và không trơn do nhiều nguyên nhân (sai số của mẫu được quét, sai số của thiết bị, sai số của quá trình quét, ...). Do đó, cần có kinh nghiệm và hiểu biết về sản phẩm để tạo các khối hoặc các bề mặt phức tạp dựa trên mô hình do scan 3D cung cấp với độ chính xác cao. Công đoạn thiết kế ngược đòi hỏi các kỹ sư khai thác tốt phần mềm (cần phải tạo các khối hoặc bề mặt phức tạp tương ứng với dữ liệu scan 3D), có tư duy về hình học, hiểu rõ đối tượng cần xử lý. Kết quả của thiết kế ngược là dữ liệu CAD 3D dạng khối hoặc mặt của mẫu có dung sai từ  $0,05 \div 0,3$  mm với các định dạng như IGES, VDA, STL, DXF, OBJ, VRML, ISO G Code, ...

Đã có một số nghiên cứu trong và ngoài nước ứng dụng kỹ thuật ngược để tạo dữ liệu CAD sản phẩm phục vụ sản xuất [6, 7], thiết kế và chế tạo khuôn [8, 9], tạo mẫu nhanh bằng in 3D [10], phục hồi chi tiết bị mòn [11] hoặc kiểm tra các chi tiết có hình dạng phức tạp [12]. Tuy nhiên, các nghiên cứu ứng dụng trong cơ khí xây dựng hoặc sản xuất vật liệu còn hạn chế. Do đó, nghiên cứu này sẽ ứng dụng kỹ thuật ngược để tạo khuôn ép ngói đất sét, phục vụ cho lĩnh vực sản xuất vật liệu xây dựng. Kết quả của nghiên cứu là mô hình CAD 3D, có thể triển khai ứng dụng CNC để chế tạo các sản phẩm [6–9, 13] hoặc in tạo mẫu 3D [2, 6, 10].

### 3. Ứng dụng kỹ thuật ngược để thiết kế khuôn ép ngói đất sét

Việt Nam là đất nước có truyền thống sử dụng ngói trong xây dựng từ lâu đời. Ngói lợp cũng là nét đẹp văn hóa trong đời sống dân gian Việt Nam. Hiện nay, đất sét vẫn là nguyên liệu chủ yếu để sản xuất gạch ngói nung. Theo công nghệ sản xuất có 3 loại: Khô, bán khô và bán dẻo. Công nghệ sản xuất bán dẻo có ưu điểm là không chỉ sử dụng đất sét mà còn từ các nguyên liệu phế thải, đồng thời có khả năng tự động hóa cao, nên có khả năng nâng cao năng suất sản xuất.

Các bước sản xuất ngói từ sét bán dẻo: Đất sét sau khi được tách đá được đưa vào máy đập trực thô cùng với phụ gia để đập những cục đất sét cứng. Sau khi nghiền thô, đất sét và phụ gia được chuyển đến máy trộn dạng 2 trục nhằm làm đồng đều phối liệu rồi được đưa sang đập trực mịn. Hỗn hợp này được đưa sang máy đùn ép Lento có hệ thống hút chân không (để loại bỏ bọt khí, nén chặt và làm đồng nhất phối liệu) sau đó chuyển sang máy cắt phôi ngói để cắt thành từng tấm hình chữ nhật. Phôi ngói được chuyển đến máy ép ngói tự động để ép tạo hình, sau đó được phơi tự nhiên trước khi cho vào lò để sấy. Sơ đồ công nghệ của phương pháp sản xuất ngói từ vật liệu bán dẻo được mô tả như dưới Hình 3.

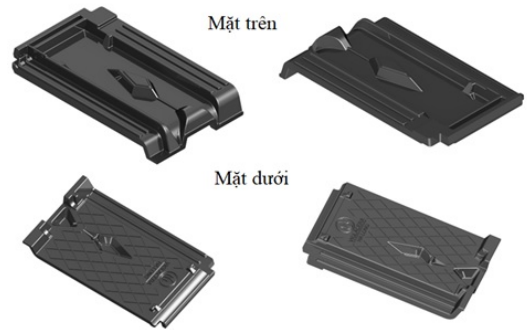


Hình 3. Sơ đồ công nghệ sản xuất ngói đất sét công nghệ bán dẻo

Trong quy trình trên, quá trình ép ngói có vai trò hết sức quan trọng, quyết định đến độ chính xác và cơ tính (thông qua độ mịn chặt) của viên ngói. Phôi ngói được ép chặt trong hai nửa khuôn (một nửa cố định và một nửa di chuyển) với lực ép lớn. Do đó, việc thiết kế và chế tạo chính xác khuôn ép góp phần nâng cao độ chính xác của ngói thành phẩm. Hiện nay nước ta thường sử dụng các loại máy ép ngói nhập ngoại với nhiều ưu điểm như hiện đại, lực ép lớn, năng suất cao, chất lượng ngói đẹp. Tuy nhiên, các loại máy nhập ngoại có hạn chế là khuôn chống mòn, nhu cầu thay thế khuôn là rất lớn, trong khi vì bí mật công nghệ, bản vẽ chi tiết khuôn không được chuyển giao một cách đầy đủ. Các doanh nghiệp mất thời gian để nhập khẩu khuôn ép làm gián đoạn sản xuất. Để các doanh nghiệp bán được nhiều sản phẩm cũng như đáp ứng được nhu cầu đa dạng mẫu mã sản phẩm. Các doanh nghiệp sản xuất ngói thường phát triển các mẫu mã từ một số mẫu thông dụng, hiện có. Để đáp ứng được các yêu cầu và thực tế của sản xuất trong việc thiết kế và phát triển các loại khuôn ép ngói cần phải sử dụng kỹ thuật ngược.

### 3.1. Quy trình thiết kế khuôn ép ngói sử dụng kỹ thuật ngược

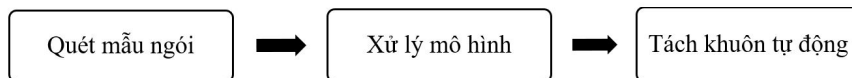
Trước đây để thiết kế các khuôn, các kỹ sư dựa vào bản thiết kế của sản phẩm để vẽ các nửa của khuôn. Hoặc có thể dựng mô hình 3D của sản phẩm, sử dụng các thuật toán cộng trừ khối trên các phần mềm 3D để tạo ra các nửa khuôn. Tuy nhiên, trên viên ngói có nhiều bề mặt cong phức tạp, các hốc, rãnh, gờ và cung bo tròn (Hình 4). Mặt khác, trong [14] chỉ quy định về kiểu dáng và kích thước cơ bản. Trong khi đó, các thiết kế chi tiết của ngói và khuôn là bí mật công nghệ của từng hãng, nên gây khó khăn cho việc thiết kế khuôn.



Hình 4. Hình dạng viên ngói

Việc thiết kế khuôn ép theo mẫu ngói có sẵn bằng phương pháp thuận tốn nhiều thời gian, độ chính xác thấp do có nhiều kích thước khó đo thậm chí không thể đo, hoặc không đo theo phương pháp trực tiếp được.

Để thiết kế nhanh và chính xác khuôn ép ngói đất sét, nhóm tác giả ứng dụng kỹ thuật ngược tạo dữ liệu viên ngói và kết hợp với các phần mềm 3D để xử lý mô hình và tách khuôn tự động. Quá trình thiết kế khuôn được đề xuất như Hình 5.



Hình 5. Quá trình thiết kế khuôn ép ngói đất sét

### 3.2. Áp dụng kỹ thuật ngược để thiết kế khuôn ép ngói đất sét

#### a. Quét mẫu ngói

Mẫu được chọn là ngói Viglacera Hạ Long, có chất lượng tốt, bề mặt không bị bóng. Viên ngói được đặt trên bàn xoay, nền trắng. Trên viên ngói và xung quanh bố trí các chuẩn quét. Mẫu ngói được quét bởi máy scan 3D cầm tay HandyScan Black Elite của hãng Creaform (Canada), sử dụng tia laser có tốc độ quét 480.000 measures/s, dung sai nhỏ hơn 30  $\mu$ m, độ phân giải đạt 0,05 mm, có thể quét



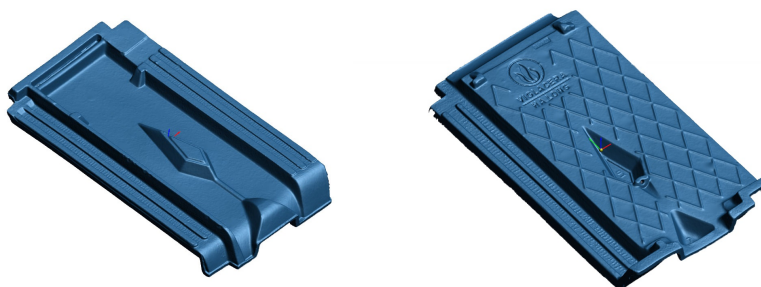
trong điều kiện ánh sáng môi trường bình thường do kỹ thuật viên của công ty TNHH 3D MASTER thực hiện. Dữ liệu quét được kết nối và xử lý trên phần mềm Velements đi kèm với thiết bị quét.

Viên ngói được quét mặt trên và mặt dưới để đảm bảo quét được toàn bộ các bề mặt trên mẫu (Hình 6). Khi quét, thay đổi liên tục vị trí và hướng của máy quét so với viên ngói để đảm bảo các điểm trên mẫu được quét đủ hình học trong không gian ba chiều.



Hình 6. Quét mẫu ngói

Thời gian quét và xử lý dữ liệu là 20 phút. Kết quả thu được là dữ liệu viên ngói định dạng STL (Hình 7). Các nhiễu trong quá trình quét được phần mềm Velements tự động nhận diện và loại bỏ.



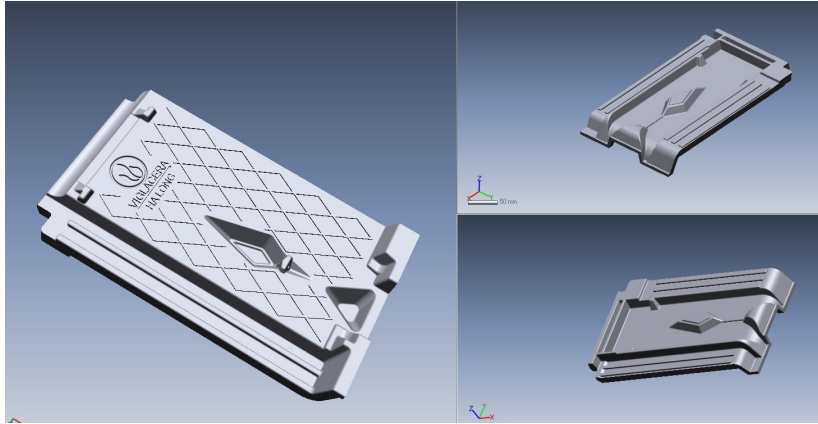
Hình 7. Dữ liệu viên ngói

#### b. Xử lý mô hình

Mặc dù các tác giả đã lựa chọn viên ngói có chất lượng bề mặt tốt, tuy nhiên có thể nhận thấy trên bề mặt của ngói có nhiều khuyết tật lỗi lõm, đặc biệt ngói bị cong vênh do ứng suất nhiệt khi nung. Do độ chính xác quét cao của máy scan, dữ liệu đám mây điểm của viên ngói cũng phản ánh trung thực thực trạng của mẫu. Do đó, cần phải nội suy để tìm ra biên dạng phù hợp cho viên ngói.

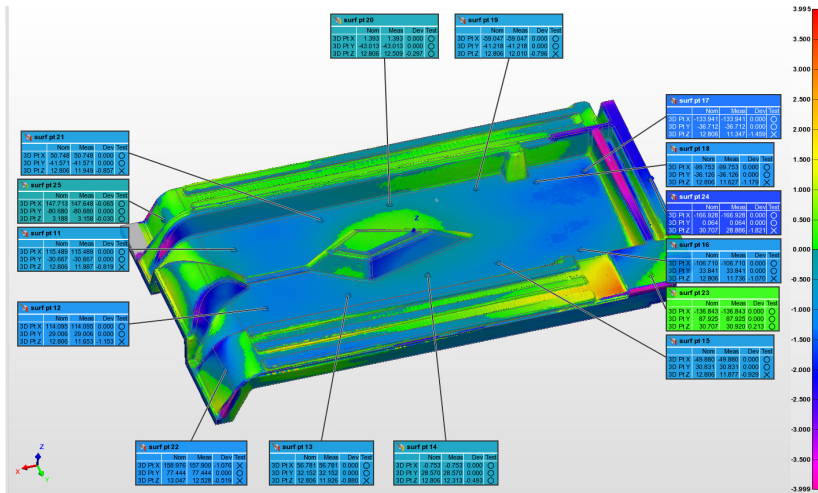
Để làm việc đó, sử dụng phần mềm Geomagic Design X để xử lý hình học dữ liệu đã quét. Các bước xử lý gồm lọc bỏ nhiễu (do rung động hoặc các yếu tố khác), trích dẫn các đặc tính (như mặt phẳng, cung tròn, ...) để tái tạo mô hình, đơn giản hóa dữ liệu (loại bỏ các dữ liệu trùng lặp khi quét); đối chiếu sản phẩm quét với mẫu ngói thật và kích thước - hình dạng ngói quy định trong TCVN 1452:2004 [14]. Thời gian xử lý khoảng 2 giờ và kết quả xử lý như Hình 8.

Để đánh giá độ chính xác giữa mô hình CAD đã xử lý với dữ liệu điểm quét ban đầu, nhập hai mô hình để so sánh sai số hình dạng (Hình 9). Kết quả cho thấy sai số điểm với dữ liệu CAD được xây dựng, với sai số nằm trong khoảng  $(-3,999; +3,995)$  mm. Sai số tại từng vùng được thể hiện tương ứng với màu sắc trên chi tiết và trị số tương ứng trên thanh màu (colorbar). Quan sát phổ màu ta thấy,



Hình 8. Xử lý mô hình ngói trên phần mềm Geomagic Design X

dữ liệu đám mây điểm hầu hết đều thuộc vùng  $(-1,5; +1,5)$  mm. Điều này có thể giải thích do bị cong vênh trong quá trình sấy, mẫu ngói có sai lệch so với hình dạng lý thuyết lớn. Từ đó cho thấy ưu việt của việc sử dụng phần mềm để xử dữ liệu điểm: Tối ưu hóa quá trình nội suy để dựng lại biên dạng mẫu trong thời gian ngắn, khả năng tùy biến linh động. Nếu sử dụng các phương pháp đo truyền thống để đo và thiết kế mẫu thì tốn rất nhiều thời gian và độ chính xác sẽ thấp (do mỗi vị trí đo trên cùng một mặt hoặc đường sẽ cho các dữ liệu điểm không đúng quy luật của mặt hoặc đường đó).



Hình 9. So sánh độ chính xác giữa dữ liệu đám mây điểm và mô hình CAD

### c. Tách khuôn tự động trên phần mềm Siemens NX

Phần mềm NX được phát triển bởi Siemens PLM Software, là giải pháp tổng thể CAD/CAM/CAE linh hoạt, tối ưu và có tính đồng bộ cao. Giúp các doanh nghiệp giải quyết các vấn đề khó khăn trong việc cải thiện chất lượng sản phẩm, đưa sản phẩm ra thị trường nhanh hơn và có thể tối ưu hóa những dữ liệu thiết kế cũ. Ưu điểm của phần mềm Siemens NX [10]: (1) Khả năng thiết kế nhanh với công cụ Synchronous hỗ trợ người dùng linh hoạt trong việc thiết kế, chỉnh sửa dữ liệu ... giúp tăng ít nhất đáng kể hiệu suất thiết kế. (2) Khả năng hiệu chỉnh dữ liệu tốt. NX cung cấp khả năng đọc và chỉnh

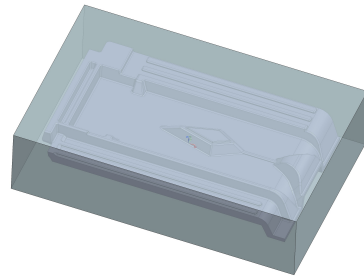
sửa các dữ liệu 2D (dxf, dwg) và 3D (txt, step, igs, x\_t, fem, par, ...), giúp người sử dụng có thể mở dữ liệu và chỉnh sửa trực tiếp trên mô hình đồ. (3) Xử lý những bài toán phức tạp thông qua giải pháp CAD/CAM/CAE toàn diện và công cụ quản lý dữ liệu giúp kỹ sư và người quản lý nâng cao năng suất, tận dụng được dữ liệu cũ vào việc phát triển các sản phẩm mới.

Phần mềm NX cung cấp module Mold Wizard, công cụ chuyên dụng cho thiết kế khuôn tự động và theo trình tự đơn giản. Mold Wizard tích hợp hệ thống thư viện khuôn tiêu chuẩn của các hãng trên thế giới. Người dùng cũng có thể cài đặt các tiêu chuẩn khuôn của công ty mình. Ở trong nghiên cứu này, nhóm tác giả ứng dụng Mold Wizard trong việc tách khuôn tự động.

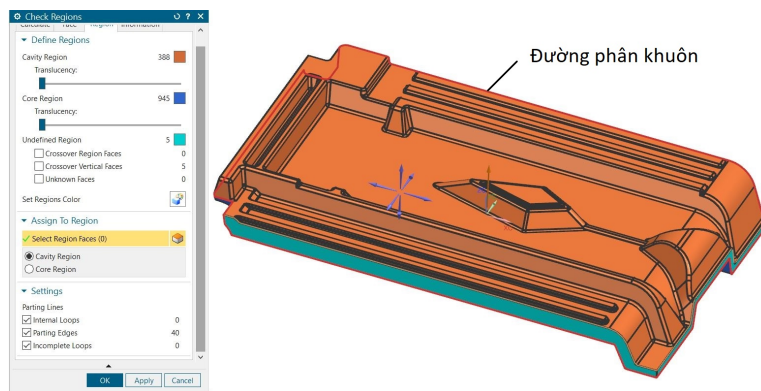
Khuôn ép nguội gồm hai nửa, nửa trên (cavity) và nửa dưới (core). Các bước tách khuôn tự động trên phần mềm NX:

Bước 1: Chọn kích thước phôi của khuôn là  $480 \times 280 \times 60$  mm (Hình 10).

Bước 2: Xác định hướng rút khuôn, đường phân khuôn, xác định cavity và core. Hướng rút khuôn là trục Z. Các bề mặt phía trên thuộc cavity, các bề mặt dưới thuộc core. Trên viên ngói có 5 mặt với góc rút bằng 0, các bề mặt này gán được vào cavity (Hình 11).

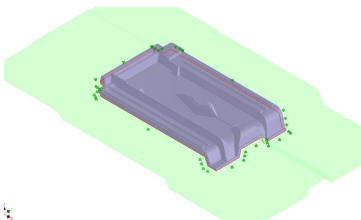


Hình 10. Đặt kích thước phôi khuôn

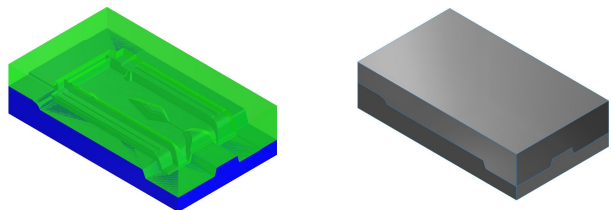


Hình 11. Xác định đường phân khuôn, cavity và core

Bước 3: Tạo mặt phân khuôn tự động. Từ đường phân khuôn đã xác định ở trên, phần mềm sẽ tự động tạo mặt phân khuôn phù hợp với hướng rút khuôn (Hình 12).



Hình 12. Tạo mặt phân khuôn tự động

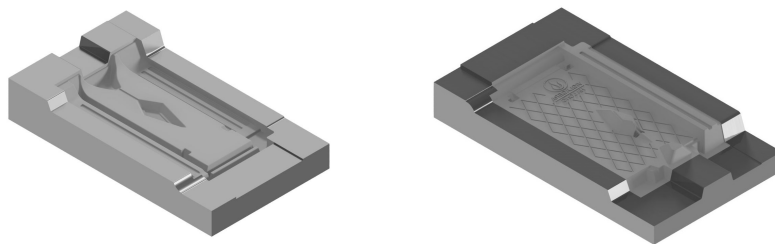


Hình 13. Tách cavity và core tự động

Bước 4: Tách cavity và core tự động. Dựa vào mặt phân khuôn đã tạo ở trên, phần mềm tính toán và tách khuôn thành hai nửa (Hình 13).



Bước 5: Kết quả thu được lòng khuôn trên (cavity) và dưới (core) của khuôn ép ngói đất sét (Hình 14).



Hình 14. Khuôn ép ngói đất sét

Thời gian tách khuôn tự động trên phần mềm NX là 30 phút (trên laptop Dell chip Xeon E 2176, ram 16 GB, card P2000).

#### 4. Kết luận

Bài báo đã đưa ra một phương pháp hiệu quả để thiết kế khuôn ép ngói đất sét từ mẫu ngói thực. Tổng thời gian từ khi quét cho đến khi tạo ra hai nửa khuôn hoàn chỉnh mất 3 giờ làm việc. Trong khi nếu sử dụng phương pháp thông thường để thiết kế khuôn này sẽ mất nhiều thời gian hơn (có thể lên đến vài ngày, phụ thuộc trình độ của người vẽ). Kết quả cho thấy việc ứng dụng kỹ thuật ngược vào thiết kế bộ khuôn nói riêng và tạo các dữ liệu CAD từ các mô hình thực nói chung có độ chính xác cao, thời gian thiết kế nhanh, đặc biệt đối với các chi tiết phức tạp, có các bề mặt tự do hoặc các đường cong bậc cao như khuôn ngói đất sét. Kết quả nghiên cứu giúp các nhà sản xuất nhanh chóng thiết kế, chế tạo, phát triển các loại mẫu ngói, mở rộng sản xuất và thị trường sản phẩm. Tuy nhiên, phương pháp đưa ra còn có hạn chế là phụ thuộc vào việc lựa chọn thiết bị quét, số lần quét và cách bố trí chuẩn. Hạn chế này sẽ được các tác giả nghiên cứu trong thời gian tới.

#### Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi đề tài cấp bộ Xây dựng mã số RD22-20. Công ty TNHH 3D MASTER đã hỗ trợ việc quét mẫu ngói.

#### Tài liệu tham khảo

- [1] Long, N. T. (2010). *Nghiên cứu, thiết kế chế tạo khuôn ép ngói phụ kiện cho dây chuyền sản xuất ngói màu gia cường sợi*. Viện Khoa học Công nghệ, đề tài mã số 232.10.RD/HĐ-KHCN.
- [2] Dũng, N. Q., Gòn, B. L., Sùng, P. Đ., Chương, L. H. (2016). Ứng dụng công nghệ tạo mẫu nhanh FDM để tạo hình bánh răng côn xoắn. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCNXD) - ĐHXDHN*, 10(2): 84–87.
- [3] Phú, N. N. (2015). *Nghiên cứu các thông số công nghệ và khuôn dập ép ngói màu từ vật liệu tổ hợp có gia cường sợi phục vụ xuất khẩu*. Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.
- [4] Tường, N. V. *Kỹ thuật ngược*. Truy cập ngày 27/7/2008.
- [5] Wang, W. (2011). *Reverse Engineering: Technology of Reinvention*. CRC Press.
- [6] Bách, T. N., Sơn, T. H. (2018). Nghiên cứu công nghệ thiết kế ngược, kết hợp công nghệ CAD/CAM trong kỹ thuật cơ y sinh. *Hội nghị khoa học và công nghệ toàn quốc về cơ khí lần thứ V - VCME*, 324–330.

- [7] Văn, T. T., Tuấn, Đ. A. (2018). Nghiên cứu và ứng dụng công nghệ thiết kế ngược để xây dựng mô hình CAD 3D của cặp rôto trục vít trong máy nén khí. *Hội nghị khoa học và công nghệ toàn quốc về cơ khí lần thứ V - VCME*, 456–464.
- [8] Hưng, P. V., Huân, N. T., Tuấn, Đ. A. (2015). Ứng dụng công nghệ thiết kế ngược và công nghệ CAD/CAM/CNC để lập trình gia công khuôn vỏ điện thoại di động. *Tạp chí khoa học Hàng hải - ĐHHHVN*, 43:32–35.
- [9] Cheng, S.-Y., Zhang, X.-W., Huang, M.-H. (2009). Study of reverse engineering and its application on die design and manufacturing. *Machinery Design & Manufacture*, 6:33–35.
- [10] Tú, T. N. (2010). *Nghiên cứu công nghệ thiết kế ngược và ứng dụng vào quá trình tạo mẫu nhanh*. Trường đại học Giao thông Vận tải.
- [11] Dũng, H. T., Hùng, N. V., Cảnh, N. V., Hoàn, Đ. N., Trinh, P. V. (2018). Công nghệ kỹ thuật ngược cho tái sản xuất chi tiết máy mòn hỏng dựa trên dữ liệu quét 3D. *Hội nghị khoa học và công nghệ toàn quốc về cơ khí lần thứ V - VCME*, 40–48.
- [12] Huân, P. V. (2014). *Ứng dụng kỹ thuật ngược trong thiết kế và kiểm tra các sản phẩm cơ khí cấu thành từ các bề mặt tự do*. Trường đại học Bách khoa Hà Nội.
- [13] Dũng, N. Q., Long, N. T. (2019). Nghiên cứu phương pháp gia công đảm cân bằng của cổng trục 200T trên máy doa CNC. *Tuyển tập Hội nghị Khoa học và Công nghệ lần thứ 12*, 161–166.
- [14] TCVN 1452:2004. *Ngói đất sét nung - yêu cầu kỹ thuật*. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.